

В. С. Копырин, С. В. Федорова

НЧОУ ВО «Технический университет УГМК» (г. Верхняя Пышма, Россия)

А. А. Рубцов, Е. Г. Габеев

АО «Уралэлектромедь» (г. Верхняя Пышма, Россия)

АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОЛИЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРЕДПРИЯТИЯ

Особенности развития электроэнергетики России широко обсуждаются специалистами, работающими в области производства, передачи, распределения и использования электроэнергии [1–4 и др.]. Его результатом является определение наиболее важных проблем, которые необходимо решать в ближайшие годы. К ним относятся повышение эффективности использования электроэнергии (ЭЭ), снижение энергетических затрат и обеспечение высокой электроэнергетической безопасности. Данные проблемы могут решаться по нескольким направлениям, в том числе путём децентрализации энергетики [1–5]. Это направление предполагает, наряду с централизованными источниками ЭЭ, использовать малую энергетику (генерацию).

Анализ состояния электроэнергетики обсуждается на постоянно действующем семинаре кафедры АЭС УралЭНИН УрФУ «Проблемы подключения и эксплуатации малой генерации» [3]. Промышленные предприятия также проявляют всё больший интерес к децентрализации своих систем электроснабжения (СЭС) путём создания собственных генерирующих мощностей (СГМ). Так, например, ООО «УГМК–Холдинг» к числу приоритетных направлений развития энергохозяйств своих предприятий относит создание собственных СГМ [2, 5].

СГМ создаются с целью снижения энергозатрат, обеспечения предприятия необходимыми объёмами энергоносителей и повышения энергетической безопасности производств. СГМ предусматривают выработку только ЭЭ или электрической и тепловой (ТЭ) энергии. При комбинированном производстве ЭЭ и ТЭ (горячая вода, пар) эффективность использования СГМ увеличивается. В докладе рассматриваются вопросы, связанные только с производством ЭЭ. При этом источниками ЭЭ в СГМ являются синхронные генераторы (СГ), которые приводятся во вращение турбинными установками (ТУ).

При обосновании, разработке и проектировании СГМ на предприятии необходимо учитывать ряд факторов. Наиболее важными из них являются: расположение основных потребителей электрической и тепловой энергии и СГМ; необходимая величина электрической и тепловой энергии в настоящее время и в ближайшие годы; режимы и графики нагрузки приёмников электроэнергии (ПЭ); изменение мощностей и токов короткого замыкания при подключении СГМ; необходимость замены силовых коммутационных и защитных аппаратов; изменение энергетической безопасности производств; улучшение или ухудшение электромагнитной совместимости (ЭМС) электрооборудования и качества электроэнергии (КЭЭ); энергетические показатели и необходимость компенсации реактивной мощности; уровень автоматизации управления энергохозяйством; метрологическое обеспечение СЭС и технологических процессов; технико-экономическая оценка создания альтернативных СГМ.

Кроме перечисленных факторов, особое внимание уделяется интеграции СГМ в энергохозяйство предприятия. Наиболее важным является вид интеграции собственных генерирующих электрических мощностей (СГЭМ) в СЭС предприятия. Основными видами интеграции СГЭМ являются:

- параллельная совместная работа СГЭМ и внешних источников (ВИЭ) электроэнергии (электростанция, электрическая система) на потребители электроэнергии предприятия;
- автономная независимая от ВИЭ работа СГЭМ.

В настоящее время при обсуждениях больше внимания уделяется подключению СГЭМ на параллельную работу с ВИЭ предприятия. Такой вид интеграции для некоторых предприятий обоснован. Имеются предприятия, для которых наиболее целесообразно применение автономного электроснабжения потребителей от заводской СГЭМ. Если предприятие крупное, то от СГЭМ может осуществляться электроснабжение некоторых цехов, производств или отдельных энергоёмких ПЭ. Примером таких производств являются электролизные (ЭП), используемые для получения меди, цинка, галлия, медных порошков, хлора [6–8]. Системы электроснабжения электролизного производства алюминия имеют специфические особенности, обусловленные большой мощностью [6, 7].

Автономные системы электроснабжения (АСЭС) электролизных производств могут иметь ряд схемных решений. Одно из них приведено на рис. 1. АСЭС ЭП включают автономную заводскую электростанцию (АЗЭС) и полупроводниковую преобразовательную подстанцию (ППП). На АЗЭС установлены турбинные установки $TУ_1 \div TУ_N$, каждая из которых приводит во вращение соответствующий синхронный генератор $СГ_1 \div СГ_N$, вырабатывающий ЭЭ переменного напряжения, например, величиной 10 или 6 кВ.

АЗЭС предназначена для питания постоянным выпрямленным током $I_d = I_{цэ}$ цепи электролизёров $ЦЭ_1 \div ЦЭ_N$ электролизного производства. Каждая из N цепей электролизёров получает питание от автономного источника электроэнергии (АИ-ЭЭ), выполненного по системе «турбинная установка – синхронный генератор – преобразовательный агрегат» (ТУ–СГ–ПА). Предусмотрено полное резервирование каждого АИЭЭ: резервный источник питания ИП_р и резервный преобразовательный агрегат ПА_р. В качестве резервного ИП_р, расположенного в АЗЭС, может использоваться аналогичная система ТУ–СГ или внешний источник ЭЭ СЭС предприятия. Преобразовательный агрегат ПА включает преобразовательный трансформатор Т_{ПА} с РПН и полупроводниковый преобразователь (выпрямитель). Для питания собственных нужд АЗЭС и PPP предусмотрены источники бесперебойного электроснабжения ИБЭСН_{ЭС}, ИБЭСН_{ПП}.

Схема АЗЭС ЭП (см. рис. 1) обладает рядом важных положительных качеств. Все электротехнологические системы СГ–ПА–ЦЭ работают автономно и не имеют электрических связей, как между собой, так и с внешними источниками электроэнергии. В результате:

- не требуется синхронизировать работу синхронных генераторов с ВИЭ;
- исключается проблема электромагнитной совместимости ПА с СЭС предприятия;
- не увеличиваются мощности и токи короткого замыкания, и, следовательно, не требуется замена силовых коммутационных и защитных аппаратов СЭС.

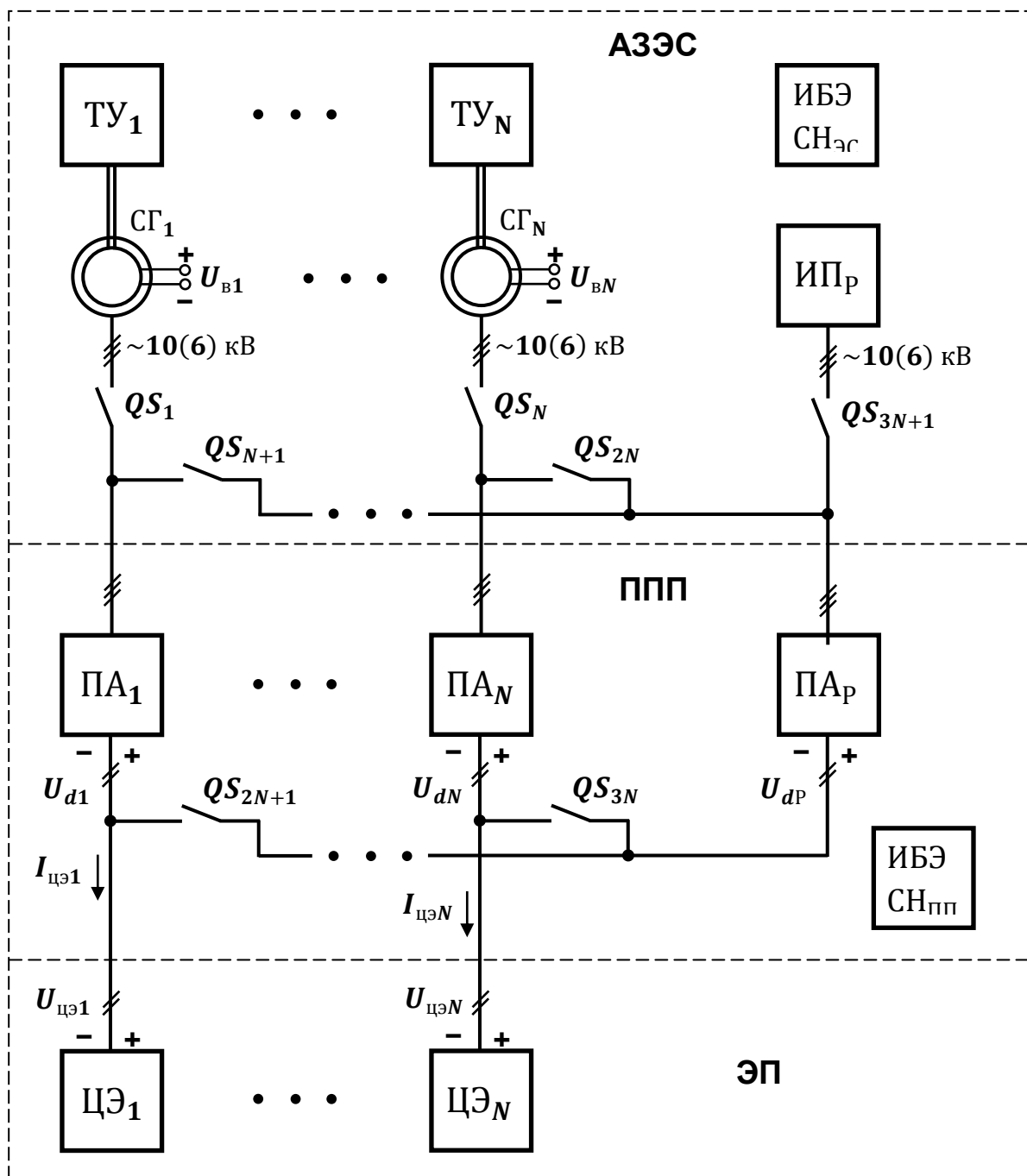


Рис. 1. Система автономного заводского электроснабжения электролизного производства

АЗЭС – автономная заводская электростанция;
 $ТУ_1 \div ТУ_N$ – турбинные установки; $СГ_1 \div СГ_N$ – синхронные генераторы;
 ИПР – резервный источник питания переменного напряжения 10(6) кВ;
 ППП – полупроводниковая преобразовательная подстанция;
 $ПА_1 \div ПА_N$ – преобразовательные агрегаты;
 ПАР – резервный преобразовательный агрегат;
 ЭП – электролизное производство; $ЦЭ_1 \div ЦЭ_N$ – цепи электролизёров;
 ИБЭСН_{ЭС}, ИБЭСН_{ПП} – источники бесперебойного электроснабжения собственных нужд АЗЭС и ППП;
 $QS_1 \div QS_{N+1}$ – силовые коммутационные аппараты переменного и постоянного напряжения.

Полупроводниковые выпрямители ПА могут быть неуправляемыми (на диодах без дросселей насыщения). Ступенчатое регулирование выпрямленного напряжения U_d на выходе ПА производится с помощью РПН преобразовательного трансформатора, а плавное регулирование – изменением напряжения на статоре синхронного генератора СГ. В результате этого снижаются потери ЭЭ, повышаются коэффициенты мощности ПА, улучшается ЭМС ПА и СГ, не требуется использование устройств компенсации реактивной мощности и фильтрации высших гармоник тока, снижаются энергозатраты.

В результате реализации автономного электроснабжения электролизных производств решаются задачи эффективного использования энергоресурсов турбинными установками и электроэнергии электротехнологическими системами СГ–ПА–ЦЭ, уменьшения капитальных и текущих затрат, обеспечения высокой энергетической безопасности ЭП. Такие АЗЭС целесообразно применять для ЭП, токи в цепи электролизёров которых находятся в диапазоне 5÷100 кА. Примером может служить электролизное производство катодной меди, галлия, медных порошков.

Список использованных источников

1. Кудрин Б.И. Об энергетической стратегии и энергетической безопасности России // Промышленная энергетика. – 2008. – № 12.
2. Нечитайлов В.Ю. Развитие электроэнергетики России. Риски, возникающие у промышленных потребителей по итогам проведенных реформ и меры по снижению данных рисков // Управление и устойчивое развитие энергохозяйства предприятия: сб. докл. 1-й Российской науч.-практ. конф. – Верхняя Пышма: Технический университет УГМК, 2016.
3. Периодический открытый семинар «Проблемы подключения и эксплуатации малой генерации» [Электронный ресурс] / РНК СИГРЭ [Офиц. сайт]. – Режим доступа: http://cigre.ru/activity/conference/seminar_c6/materials/ (дата обращения: 24.02.2016).
4. Киушкина В.Р., Шарипова А.Р. Тенденция децентрализации и пути совершенствования малой энергетики // Промышленная энергетика. – 2014. – № 5.
5. Рубцов А.А. Повышение электроэнергетической безопасности основной площадки АО «Уралэлектромедь» // Управление и устойчивое развитие энергохозяйства предприятия: сб. докл. 1-й Российской науч.-практ. конф. – Верхняя Пышма: Технический университет УГМК, 2016.
6. Справочник электроэнергетика предприятий цветной металлургии / Под ред. М.Я. Басалыгина, В.С. Копырина. – М.: Металлургия, 1991.
7. Сальников В.Г., Шевченко В.В. Эффективные системы электроснабжения предприятий цветной металлургии. – М.: Металлургия, 1986.
8. Копырин В.С. Энергетическая безопасность предприятия // Промышленная энергетика. – 2010. – № 5.